

# **Fossil Vegetal Communities Identification by NPC Test Methodology**

*Individuazione delle comunità vegetali fossili mediante  
la metodologia NPC Test*

Livio Corain, Luigi Salmaso

Dipartimento di Tecnica e Gestione dei sistemi industriali - Università di Padova

Stradella S. Nicola 3, 36100 Vicenza

E-mail: livio.corain@unipd.it; luigi.salmaso@unipd.it

Antonella Miola

Dipartimento di Biologia - Università di Padova

Via Ugo Bassi 58/B, 35121 Padova

E-mail: antonella.miola@unipd.it

**Summary:** the aim of this paper is to illustrate how it is possible to draw useful ecological conclusions by applying a suitable multivariate statistical analysis. The method here proposed is the NonParametric Combination (NPC) of Dependent Permutation Tests, which proves particularly suitable in this class of research characterised by small dataset, whose variables often result in a larger number than the cases analysed. The problem is concerned with the microfossil content of peats related to the last glaciations maximum (LGM) in the area of Venetian Plain. Pollen and spore analysis of peat sediments and the identification of other plant fragments can contribute to the definition of past local hydrological conditions.

**Keywords:** Nonparametric Combination of Dependent Permutation Tests, Nonparametric Combination of Dependent Rankings, fossil communities.

## **1. Introduzione**

Nell'ambito delle scienze naturali è assai frequente incorrere in problemi in cui è di interesse identificare analogie e difformità tra un insieme di oggetti sui quali si è osservato un numero di variabili che può essere anche molto grande rispetto al numero di oggetti disponibili. Lo studio delle comunità vegetali fossili rappresenta una di queste tipiche situazioni: su un insieme di qualche decina di campioni di sedimenti fossili vengono contati, mediante un complesso protocollo sperimentale, il numero di pollini fossili classificabili secondo tutte le specie vegetali conosciute e solitamente ci si trova ad osservare un numero di specie vegetali dell'ordine di qualche decina. L'obiettivo della ricerca è capire se i campioni fossili relativi a sequenze sedimentarie provenienti dall'area della pianura padana dell'Italia nord-orientale sono rappresentativi di una stessa comunità vegetale oppure se alcuni di essi evidenziano caratteristiche ascrivibili a condizioni ambientali e/o idrologiche non compatibili con la comunità vegetale oggetto di studio.

Inizialmente i 13 record pollinici disponibili sono stati suddivisi in tre gruppi che indicano l'area costiera a nord della Laguna di Venezia dove sono stati eseguiti sondaggi nel terreno: Ca' Fornera (4 record), Fiorentina-Latisana (4 record) e Palazzetto

(5 record). A seguito delle analisi di laboratorio, le specie polliniche identificate e conteggiate sono state classificate in 20 tipologie di piante (*taxa*).

La tabella 1 riassume la media e la deviazione standard della frequenza relativa dei taxa pollinici inclusi nella nostra analisi, suddivisi sia per sito di rinvenimento che considerati congiuntamente (pooled).

**Tabella 1:** *indici di sintesi dei vari taxa, sia pooled che distinti per sito di rinvenimento*

| Taxa                            | POOLED |      | Ca' Fornera |      | Fiorentina-Latisana |      | Palazzetto |     |
|---------------------------------|--------|------|-------------|------|---------------------|------|------------|-----|
|                                 | Mean   | SD   | Mean        | SD   | Mean                | SD   | Mean       | SD  |
| <i>Abies + Picea</i>            | 0.8    | 1.2  | 0.2         | 0.2  | 2.0                 | 1.7  | 0.2        | 0.2 |
| <i>Betula</i>                   | 1.0    | 0.9  | 1.0         | 0.3  | 0.6                 | 0.9  | 1.3        | 1.3 |
| <i>Ephedra + Juniperus</i>      | 1.1    | 1.5  | 1.9         | 1.4  | 1.6                 | 2.1  | 0.2        | 0.2 |
| <i>Larix</i>                    | 0.7    | 1.1  | 0.5         | 0.1  | 0.1                 | 0.2  | 1.4        | 1.6 |
| Broadleaves + Shrubs            | 1.6    | 1.8  | 1.6         | 1.9  | 0.2                 | 0.2  | 2.7        | 1.8 |
| <i>Pinus</i> undiff.            | 6.4    | 3.3  | 5.6         | 1.7  | 8.0                 | 4.2  | 5.7        | 3.7 |
| Riparial trees                  | 3.6    | 5.7  | 0.4         | 0.4  | 6.5                 | 8.9  | 3.8        | 4.3 |
| Other herbs                     | 0.9    | 1.1  | 1.5         | 1.7  | 0.6                 | 1.1  | 0.8        | 0.3 |
| Apiaceae                        | 0.3    | 0.3  | 0.5         | 0.4  | 0.1                 | 0.2  | 0.3        | 0.3 |
| <i>Artemisia</i>                | 3.4    | 2.7  | 2.2         | 1.9  | 3.8                 | 3.3  | 4.0        | 2.9 |
| Asteroideae                     | 0.4    | 0.4  | 0.6         | 0.3  | 0.2                 | 0.4  | 0.4        | 0.4 |
| Caryophyllaceae                 | 0.4    | 0.5  | 0.7         | 0.7  | 0.4                 | 0.5  | 0.1        | 0.2 |
| Chenopodiaceae                  | 0.6    | 0.7  | 0.7         | 0.7  | 0.4                 | 0.5  | 0.7        | 0.9 |
| Cyperaceae                      | 50.6   | 14.4 | 45.9        | 11.3 | 55.1                | 23.1 | 50.7       | 9.2 |
| Hydrophytes                     | 3.2    | 3.6  | 4.9         | 4.3  | 2.4                 | 4.3  | 2.5        | 2.8 |
| <i>Plantago lanceolata</i> type | 0.2    | 0.3  | 0.4         | 0.3  | 0.0                 | 0.0  | 0.3        | 0.3 |
| Poaceae                         | 16.0   | 9.4  | 8.4         | 3.6  | 17.7                | 11.8 | 20.8       | 7.8 |
| <i>Potamogeton</i>              | 0.9    | 0.7  | 1.4         | 0.5  | 0.3                 | 0.6  | 1.0        | 0.6 |
| <i>Equisetum</i>                | 7.4    | 11.5 | 20.8        | 13.2 | 0.2                 | 0.4  | 2.5        | 2.8 |
| Ferns                           | 0.5    | 1.0  | 0.9         | 1.5  | 0.0                 | 0.0  | 0.7        | 0.8 |

## 2. Individuazione delle comunità vegetali fossili mediante NPC Test

In questo lavoro viene avanzata una proposta di soluzione al problema dell'identificazione delle comunità vegetali fossili mediante la metodologia NPC Test (Pesarin, 2001): si tratta di un metodo inferenziale non parametrico, basato sul test di permutazione e sulla combinazione non parametrica, che si dimostra particolarmente utile nella classe di problemi multivariati caratterizzati da distribuzione non normale e da una limitata numerosità campionaria, come è anche lo studio in questione. Un secondo importante vantaggio della metodologia NPC Test è dato dal fatto che si tratta dell'unico metodo inferenziale applicabile quando il numero di variabili è molto grande, ed anche maggiore, rispetto al numero di osservazioni disponibili.

Per quanto riguarda la potenza del test proposto, anche in relazione alle basse numerosità campionarie, studi di simulazione (Celant et al, 1998) hanno dimostrato che in ipotesi di normalità e con basse numerosità campionarie il test di permutazione ha potenza solo lievemente inferiore di quella delle soluzioni ottimali parametriche mentre in presenza di distribuzioni asimmetriche e/o con code pesanti ha potenza sensibilmente più elevata. Per ulteriori approfondimenti si veda Pesarin, 2001.

Con l'obiettivo di stabilire se i nostri dati sperimentali possono supportare l'ipotesi di uguale distribuzione delle associazioni polliniche rispetto ai tre siti di rinvenimento dei campioni fossili, è stata condotta, con l'ausilio del software NPC Test 2.0 (Methodologica, 2001), un test multivariato a C campioni (corrispettivo non parametrico del tradizionale test MANOVA, in questo contesto non applicabile) e successivamente sono stati condotti i tre corrispondenti confronti tra coppie di località. I risultati ottenuti sono riassunti nella tabella 2.

**Tabella 2:** *p-value dei test di permutazione per il confronto tra i tre i siti di rinvenimento*

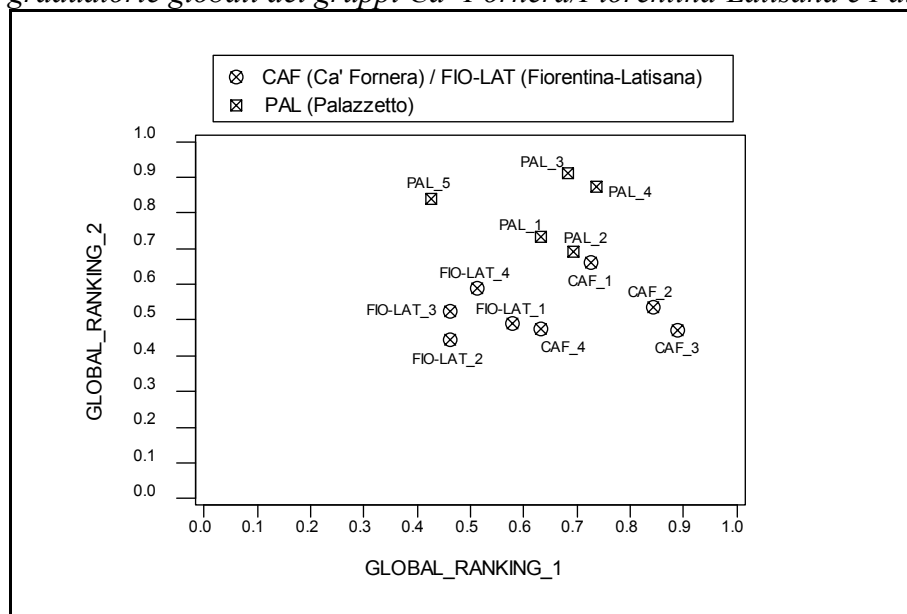
| <b>Taxa</b>              | Ca' Fornera vs<br>Fiorentina-Latisana<br>vs Palazzetto | Ca' Fornera<br>vs<br>Fiorentina-Latisana | Ca' Fornera<br>vs<br>Palazzetto | Fiorentina-Latisana<br>vs<br>Palazzetto |
|--------------------------|--|--|---------------------------------|---|
| Abies+Picea              | <b>.002</b>  | <b>.029</b>                              | .716                            | <b>.008</b>                             |
| Betula                   | .607   | .411                                     | .945                            | .425                                    |
| Ephedra+Juniperus        | .200   | .830                                     | <b>.048</b>                     | .206                                    |
| Larix                    | .168   | .059                                     | .367                            | .190                                    |
| Broadleaves+Shrubs       | <b>.020</b>  | .087                                     | .387                            | <b>.014</b>                             |
| Pinus indiff.            | .523   | .399                                     | .985                            | .350                                    |
| Riparial trees           | .222   | .286                                     | .079                            | .594                                    |
| Other herbaceous         | .700   | .463                                     | .500                            | .796                                    |
| Apiaceae                 | .334   | .254                                     | .354                            | .362                                    |
| Artemisia                | .221   | .509                                     | .327                            | .917                                    |
| Asterioideae             | .805   | .117                                     | .359                            | .529                                    |
| Caryophyllaceae          | .581   | .572                                     | .129                            | .418                                    |
| Chenopodiaceae           | .133   | .479                                     | .993                            | .649                                    |
| Cyperaceae               | .374   | .510                                     | .513                            | .725                                    |
| Hydrophytes              | .569   | .451                                     | .332                            | .975                                    |
| Plantago lanceolata type | .322   | .141                                     | .737                            | .169                                    |
| Poaceae                  | .058   | .119                                     | <b>.031</b>                     | .653                                    |
| Potamogeton              | .121   | .058                                     | .249                            | .119                                    |
| Equisetum                | <b>.001</b>  | <b>.029</b>                              | <b>.008</b>                     | .158                                    |
| Ferms                    | .707   | .428                                     | .687                            | .165                                    |
| GLOBAL                   | .143   | .166                                     | .086                            | .070                                    |

Come risulta dall'analisi dei risultati della tabella 2, a livello di significatività  $\alpha=0.05$ , non possiamo rigettare l'ipotesi nulla che, rispetto ai tre siti di rinvenimento dei campioni fossili, vi sia una uguale distribuzione multivariata delle frequenze delle 20 specie polliniche rinvenute. Confrontando poi i siti due a due, emerge che Ca' Fornera e Fiorentina-Latisana sono tendenzialmente tra loro più simili rispetto a Palazzetto. Si evidenziano solo alcune significative differenze a livello di singola specie vegetale, come nel caso di "Abies+Picea", "Broadleaves+Shrubs" ed "Equisetum".

Un approfondimento dell'analisi statistica può essere condotto utilizzando una ulteriore tecnica multivariata che metta in risalto eventuali similarità e dissimilarità dei singoli campioni fossili. In luogo di una tradizionale tecnica descrittiva multivariata come l'analisi delle componenti principali (PCA), si è deciso di applicare il metodo NPC Ranking, ovvero la combinazione non parametrica di graduatorie dipendenti (Pesarin e Lago 2000). Infatti il metodo PCA risulta inevitabilmente vincolato al rispetto delle assunzioni di normalità e linearità che sono spesso difficili da giustificare specie nei contesti in cui la numerosità campionaria è molto limitata, come in questo studio. La metodologia NPC Ranking è stata applicata secondo i seguenti passi:

- dai risultati ottenuti con il metodo NPC si sono raggruppate le unità statistiche in due gruppi: CAF/FIO-LAT (Ca' Fornera e Fiorentina-Latisana) e PAL (Palazzetto);
- per ciascuno dei due gruppi si è calcolata, rispetto alle 20 specie vegetali, la graduatoria globale combinata che fornisce un criterio di ordinamento univoco rispetto alla incidenza dei taxa considerati; in accordo con i risultati NPC Test queste due graduatorie risultano fortemente concordi tra loro (indice di correlazione di Spearman uguale a .725,  $p\text{-value}=0.000$ );
- per ciascuno dei 12 campioni fossili si è calcolato (Figura 1) l'indice di correlazione Spearman sia rispetto alla prima graduatoria globale (GLOBAL\_RANKING\_1), sia rispetto alla seconda (GLOBAL\_RANKING\_2); di conseguenza due campioni molto prossimi nel piano delle due misure di correlazione risultano essere anche tra loro simili dal punto di vista dell'associazione pollinica dei 20 taxa considerati.

**Figura 1:** indice di correlazione di Spearman, per ciascun campione fossile, rispetto alle due graduatorie globali dei gruppi Ca' Fornera/Fiorentina-Latisana e Palazzetto



Dall'analisi della Figura 1 emerge che, anche se all'interno dei singoli gruppi CAF/FIO-LAT e PAL prevalgono le similarità piuttosto che le dissimilarità, globalmente i 12 campioni fossili sono tra loro piuttosto simili senza, tra l'altro, che via indicazione della presenza di alcun outlayer. Questo risultato rafforza la conclusione ottenuta con il metodo NPC Test e quindi a maggior ragione possiamo pensare di aver campionato dei fossili rappresentativi di una stessa comunità vegetale.

### 3. Conclusioni

L'applicazione delle tecniche non parametriche multivariate NPC Test ed NPC Ranking non ha individuato differenze significative tra i dati pollinici dei campioni fossili esaminati, quindi possiamo ipotizzare che l'area a nord della Laguna di Venezia fosse occupata da una comunità di piante erbacee, caratterizzata dalla prevalenza di Cyperaceae e Poaceae.

### Bibliografia

- Celant G., Pesarin F., Salmaso L. (1998) Some comparisons between a parametric and a nonparametric solution for tests with repeated measures. *Metron*, LVIII, 65-79.
- Methodologica Srl (2001) NPC Test© 2.0 - Statistical software for multivariate permutation tests. Methodologica srl ([www.methodologica.it](http://www.methodologica.it)), Treviso, Italy.
- Pesarin F., Lago A. (2000) Nonparametric combination of dependent rankings with application to the quality assessment of industrial products, *Metron*, LVIII, 1-2.
- Pesarin F. (2001) *Multivariate Permutation Tests with Applications in Biostatistics*. Wiley, Chichester.